



Caracterización fisicoquímica de los suelos de las zonas cafetaleras de la Huasteca (Zona Sur) del estado de San Luis Potosí

Physicochemical characterization of the soils of the coffee-growing areas of Huasteca (Southern Zone) of the state of San Luis Potosí

Gaudencio Antonio-Benito¹, Cinthya-Mildred Medina-Lerma¹, Mariela-Lizeth Martínez-Hernández¹

¹ Tecnológico Nacional de México – ITS de Tamazunchale, San Luis Potosí, México.

Recibido: 31-10-2022
Aceptado: 04-12-2023

Autor correspondal: gaussjordan15@gmail.com

Resumen

Entre las variables centrales del estudio, se pueden mencionar: volumen de cosecha, el número de productores cafetaleros, las hectáreas sembradas de café y las condiciones climatológicas, tomando como referente a siete municipios que conforman la zona indígena de la región Sur del Estado de San Luis Potosí, mediante un tratamiento estadístico con un nivel del 90% de confianza, se obtuvo una muestra de cinco comunidades con cinco submuestras para el análisis fisicoquímico de los suelos, se consideraron otras variables como la temperatura ambiental de la comunidad, elevación sobre el nivel del mar (Ms. N. M.), la altura promedio de las plantas, el tiempo de siembra y la variedad. Las propiedades fisicoquímicas de los suelos se estudiaron basado en la NOM-021-RECNAT-2000, concluyendo que la superficie de las zonas cafetaleras de la Huasteca Potosina, tres son medianamente acidas y dos son ligera a medianamente alcalinas, todos con efectos despreciables de la salinidad; una comunidad mantiene material orgánico (MO) ligero, el resto son de forma abundante; una comunidad tiene suelo con textura arcillo limoso, el resto son franco arcillo limoso. Se destaca que los parámetros inorgánicos de amonio (NH_4^+), nitratos (NO_3^- como N), fosfatos (como SO_4^{2-}), sulfatos (PO_4^{3-}) y hierro (Fe) se mantienen en su nivel bajo destacando un alto nivel de nitratos en una comunidad. Los parámetros orgánicos como potasio (K^+) son bajos; de calcio (Ca^{2+}), solo una comunidad está dentro del rango mediano; y los parámetros de magnesio (Mg^{2+}) son medianos en dos comunidades.

Palabras clave: Suelos, Café, Fisicoquímico, Comunidades, Huasteca

Abstract

Among the central variables of the study, we can mention: harvest volume, the number of coffee producers, hectares planted with coffee and weather conditions, taking as a reference seven municipalities that make up the indigenous zone of the Southern region of the State of San Luis Potosí, through a statistical treatment with a 90% confidence level, a sample of five communities was obtained with five subsamples for the physicochemical analysis of the soils, other variables were considered such as the environmental temperature of the community, elevation above the level of the sea (Ms. N. M.), the average height of the plants, the planting time and the variety. The physicochemical properties of the soils were studied based on NOM-021-RECNAT-2000, concluding that the surface of the coffee-growing areas of the Huasteca Potosina, three are moderately acidic and two are slightly to moderately alkaline, all with negligible effects of the salinity; one community maintains light organic material (OM), the rest are abundant; One community has silty clay textured soil, the rest are silty clay loam. It is highlighted

that the inorganic parameters of ammonium (NH_4^+), nitrates (NO_3^- as N), phosphates (as SO_4^{2-}), sulfates (PO_4^{3-}) and iron (Fe) remain at their low level, highlighting a high nitrate level in a community. Organic parameters such as potassium (K^+) are low; of calcium (Ca^{2+}), only one community is within the medium range; and magnesium (Mg^{2+}) parameters are medium in two communities.

Keywords: Soils, Coffee, Physicochemical, Communities, Huasteca.

Introducción

En México, la cafeticultura ha sido considerada una de las actividades económicas más importantes. De acuerdo con datos de la SAGARAPA en el 2022 se tuvo una producción de 700,994 hectáreas (ha), equivalente a 9,904 (1.4%) menos a lo obtenido en 2021. Entre los estados considerados como los que generan mayor aportación se encuentran: (710,897); Chiapas (34.8%), Veracruz (20.6%) y Oaxaca (19.0%), reportando un 74.4% (521,348 ha) de la superficie total nacional, con un volumen de producción de 385,704 ton, equivalente a una aportación nacional de 39.1. Es importante mencionar que el cultivo de café es llevado a cabo por productores campesinos indígenas (98%), ubicados, por las condiciones naturales que el café impone, en zonas rurales de alta marginalidad; mismos que dependen de los ingresos del café (Callejas, 2000).

Por otro lado, existen investigaciones que mencionan la necesidad de conocer las propiedades del suelo que obstaculizan el buen desarrollo de las plantas, donde se menciona que la acidez del suelo tiene un efecto en el crecimiento y producción de café, así como las prácticas sugeridas tendientes a su manejo, pueden ser consideradas como acciones correctivas (Sadeghian, 2016). En cuanto a la nutrición vegetal y la evaluación de la fertilidad del suelo, ésta guarda relación con la fertilización de almácigos de café sugiriendo así los fundamentos para las etapas de: crecimiento vegetativo y producción (Sadeghian, 2008). De acuerdo con Sadeghian (2020) la cosecha, así como su cantidad y calidad está relacionada con un adecuado manejo nutricional de las plantas, además de los planes de fertilización y el uso de enmiendas según los resultados del análisis del suelo, su fertilidad en sus componentes físicos, químicos y biológicos permite llevar el control sobre las plagas, las enfermedades y el manejo agronómico de los sistemas de producción.

Los factores agroecológicos en México se presentan en la calidad del café mediante la caracterización física y químicamente de los suelos de los estados de Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Puebla y Guerrero, se mostró influencia sobre el Mn en la forma normal del grano; Ca, Mg y Fe en la fragancia;

P en aroma; la MO y N total en nariz; boro (B) en resabio; y el Cu en la intensidad de acidez de la bebida (Rosas, Escamilla y Ruiz, 2008).

Para la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2023) San Luis Potosí no se encuentra en condiciones óptimas para cultivar café, pues de 13 mil hectáreas de cultivo que hay en total en el Estado, únicamente 3 mil 500 mantienen los estándares ideales para la producción y se encuentran en los municipios de la zona sur (Huasteca Potosina). El tener fincas o cafetales con manejo convencionales y de pleno sol generan bajos niveles de producción provocando que las variables físicas y químicas del suelo sean indicadores no reúnan los requisitos de calidad George (2006). Por otro lado, otras investigaciones sugieren que la variabilidad de la humedad y la deficiencia de nutrientes del suelo en la Huasteca Potosina provoca que el volumen de producción anual sea ligeramente menor al valor promedio de la serie histórica de 1985-2021, según datos de los últimos 20 años (Martínez & Santacruz, 2023). La investigación se orienta en el estudio de los aspectos fisicoquímicos de los suelos de las zonas cafetaleras de la Huasteca Potosina (Sur del estado de San Luis Potosí), con base en los resultados es posible establecer estrategias que coadyuven a controlar los niveles de los parámetros orgánicos e inorgánicos del suelo, garantizando así el óptimo crecimiento de las plantas de café y con ello aseguramiento de una producción de semillas en términos de calidad.

Materiales y métodos

Delimitación y caracterización de la zona en estudio

El propósito de esta investigación es conocer el impacto de la cafecultura en las comunidades de los municipios que conforman la región Huasteca Potosina, por lo cual es de relevancia considerar lo expuesto por Aquiles (2008) la Huasteca Sur se divide en dos regiones cada uno con sus municipios; Huasteca-Suroeste (Axtla de Terrazas, Coxcatlán, Huehuetlán y Xilitla) y Huasteca-Sureste (Matlapa, Tampacán, Tamazunchale y San Martín Chalchicuautla) (ver figura 1) (ver columna 1 de la tabla 1).

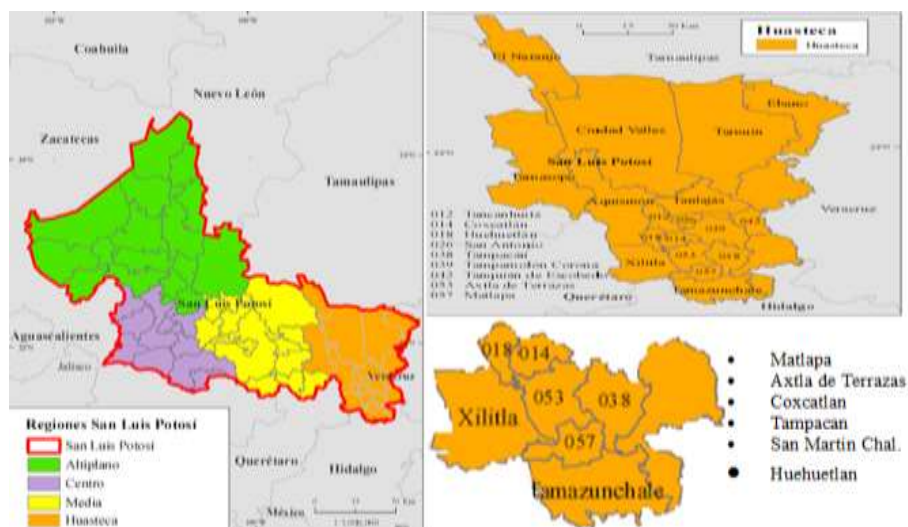


Figura 1. Mapa de la zona sur del estado de San Luis Potosí, recuperado del Instituto Nacional de Estadística y Geografía 2020 (INEGI, 2020)

Se determinó la cantidad de comunidades (columna 2 de la tabla 1) donde se trabajó, las comunidades deben ser productoras de café, esta información fue obtenida del padrón de cafetaleros proporcionado por la Dirección de Desarrollo y Fomento del Café (Dirección de Desarrollo y Fomento del Café, 2008). Utilizando la técnica de muestreo se determinaron las comunidades (columna 3 de la tabla 1) donde se hicieron las observaciones de las condiciones generales de siembra y desarrollo del café (Chao, 2006); se consideró un intervalo de confianza del 90% con un margen de error de 0.05%, 0.1%, 0.2% y un valor de $p=0.5$ (Molina, 2017). De acuerdo a los resultados (columna 3 de la tabla 1) las comunidades seleccionadas fueron Papatlaco, El Carrizal, Ixtacamel 1era Sección, Chalchocoyo y Ocuiltzapoyo.

Tabla 1. Municipios con la cantidad de comunidades que producen café y comunidades seleccionadas a partir de análisis estadístico.

Municipios	Total, de comunidades	Comunidades elegidas
Tamazunchale	109	El Carrizal - Papatlaco
Xilitla	77	Ixtacamel 1era Sección
Axtla de Terrazas	6	-
Matlapa	27	Chalchocoyo
Coxcatlán	17	-
San Martín Chalchicuautla	1	Ocuiltzapoyo
Huehuetlan	18	-

El equipo de investigación estableció que se debe tomar cinco terrenos cafetaleros por cada comunidad cuyos dueños esté familiarizados con el cultivo de café, así como determinar las condiciones generales donde se trabajó, esto con el objetivo de realizar un diagnóstico tomando en cuenta las variables de altitud de Ms.N.M, temperatura promedio de la región, altura promedio del café plantado, antigüedad de siembra en el terreno y variedad del café sembrado, los resultados se observan en la tabla 2.

Tabla 2. Variables consideradas por el cuerpo de investigación en las comunidades para determinar la correlación de los resultados del diagnóstico.

Variab les/Comunidades	El Carrizal	Papatlaco	Ixtacam el 1era Sección	Chalchocoyo	Ocuiltzapoyo
Temperatura promedio (°C) ¹	30	28	26	32	31
Ms.N.M. ²	812.11 ±12	874.55 ±13	598.69 ±16	332.86±1 3	214.95±2 7
Altura promedio del café (m)	2.6	2	2.8	3.1	3
Tiempo de siembra (años)	20	3-5	40	20-30	10-20
Variedad de café ³	C, S	C, MN, S	C	C	C

¹Temperaturas promedio (CONAGUA, 2021) (Meteorológico Nacional, 2022).

²Altitud paramétrico obtenida de Google Maps.

³La variedad de café según los propietarios: Caturra [C], Costa Rica [CR], Mundo Novo [MN], Sarchimor [S].

Generalmente a lo largo, ancho y profundidad, el suelo presenta variación, con la finalidad de que el tamaño de la muestra sea lo más representativa, el área deberá ser lo más uniforme posible y se obtienen submuestras de cada terreno, por lo que se realizó las siguientes actividades. Se reconocieron las parcelas donde se obtendrán las muestras por lo que se determinaron las medidas de cada una de ellas, teniendo como resultado realizar entre 10 y 12 tomas o submuestras de cada una de las zonas, a una profundidad de entre 20 y 30 cm, esta misma metodología se implementa en cada una de los planos de las parcelas. Se realizó la limpieza de la superficie del suelo para quitar las hierbas, piedras y troncos del cultivo

anterior (figura 2, izq.); Limpieza de la pala cada vez que se fue obteniendo la submuestra en cada sitio (figura 2, der.). Al concluir la recolección de submuestras de cada espacio homogéneo se realiza la mezcla de todo el suelo, se selecciona un kilogramo y se coloca en una bolsa de plástico previamente identificada con datos de profundidad de muestreo, nombre del predio, localidad, municipio y la fecha (el suelo de la muestra debe estar seco) como se presenta en la figura 3 y son conservadas en una hielera en bolsa de plástico para su análisis.



Figura 2. Muestra obtenida de la comunidad de Papatlaco, Tamazunchale, usando como referencia la NOM-021-RECNAT-2000 para limpieza del terreno y de la herramienta.



Figura 3. Muestras de un kilogramo de tierra de obtenida de las diferentes comunidades del municipio de Tamazunchale, Matlapa, Xilitla y San Martin Chalchicuautila

Análisis físicos del suelo

Tomando como referencia la NOM-021-RECNAT-2000 se procedió a realizar el análisis físico de las 25 muestras de suelo de las diferentes regiones cafetaleras según la tabla 1, del kilogramo de muestra se realizó el reconocimiento de la textura del suelo que se realizó mediante el goteo de agua en una pequeña toma de tierra en la mano (ver figura 4 a)) y mediante el tacto se determina la textura para determinar el tipo de suelo de cada muestra, la determinación de materia orgánica se determinó mediante la acción de la enzima catalasa como se observa en la figura 4 b), la porosidad se determinó mediante el descenso de agua colocada con muestra en un tubo de ensayo de la figura 4 c), la medición de pH y conductividad eléctrica (CE) fueron determinadas mediante el equipo HANNA Instruments. El equipo de trabajo decidió analizar 3 muestras adicionales las cuales fueron consideradas como Demo a manera de referencia como control representando arena, arcilla y limo.

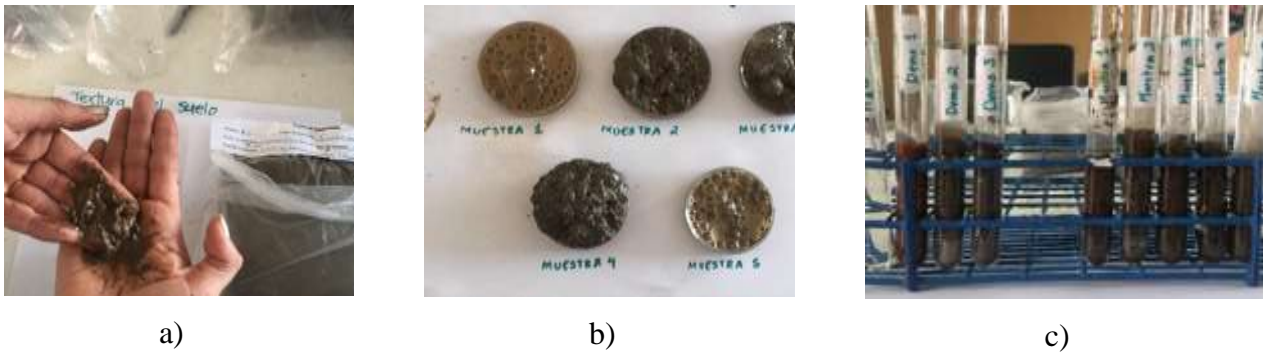


Figura 4. a) análisis de textura mediante tacto, b) análisis de materia orgánica mediante acción de la enzima catalasa, c) análisis de porosidad mediante descenso de agua.

Análisis químicos del suelo

En la determinación de los parámetros orgánicos e inorgánicos del suelo se realizó con un lisímetro para la extracción de agua del subsuelo (figura 5 a)) donde lo requerido son 20 ml por parcela, luego se procedió a preparar la muestra madre midiendo 80 ml de agua destilada y 20 ml de la muestra extraída de cada parcela comunitaria. Para fines de análisis se usó el fotómetro multiparamétrico de Hanna Instrument de mesa que mide 8 parámetros claves de la calidad del agua usando 9 métodos diferentes, que, mediante el sistema óptico, filtros de interferencia de banda estrecha, lente de enfoque y un fotodetector de silicio garantiza lecturas fotométricas exactas y repetibles (figura 5 b)). Para mantener un crecimiento y reproducción sanos es esencial la medición de los nutrientes para las plantas. Se incluye la medición de los nutrientes vitales de la planta como el potasio, calcio y magnesio, requerido en grandes cantidades, en la captación de agua el potasio juega un papel vital y la regulación enzimática; las plantas se fortalecen con el calcio protegiéndolas contra el estrés por el calor, mientras que para construir un sistema inmunológico fuerte es muy importante el magnesio.



a)



b)



Figura 5. a) Extracción de agua del suelo mediante un lisímetro, b) análisis de las muestras madre para la determinación de parámetros orgánicos e inorgánicos mediante fotómetro multiparamétrico.

Resultados

Con base en los resultados obtenidos del análisis físico de las muestras, se establece que el pH del suelo representa uno de los factores principales en el desarrollo de los cultivos, el pH es la característica química más importante del suelo porque influye en casi todos los demás aspectos del mismo, los suelos se clasifican como moderadamente ácidos al presentar un pH promedio de 5.8; de acuerdo a la tabla 3 usando papel tornasol y tabla 4 utilizado el equipo analizador, muestra que tres de las comunidad tienen un promedio de suelos medianamente acidas y dos son ligera a medianamente alcalinas, todos con efectos despreciables de la salinidad dado la conductividad eléctrica (CE) promedio es menor de 1 dS m^{-1} a 25°C (ver tabla 4); en la tabla 3 se identifica que una comunidad mantiene MO ligero, el resto son de forma abundante; una comunidad tiene suelo con textura arcillo limoso, el resto son franco arcillo limoso, con esto se considera que los suelos son adecuados en su mayoría ya que brinda porosidad lo que permite el paso de agua y aire de forma correcta, en términos generales las muestras analizadas (tabla 3) poseen las características físicas adecuadas que brindan las condiciones fundamentales para el tratamiento y cultivo de las plantas de café.

Se destaca que los parámetros de NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} y Fe que de acuerdo al lineamiento de la calidad del agua de parámetros inorgánicos en mg/l [mg l^{-1}] las muestras de todas las comunidades se mantienen en su nivel bajo destacando un alto nivel de nitratos solo en una comunidad (ver tabla 4). Los parámetros orgánicos como potasio K^+ son bajos dado que todas las comunidades tienen menos de 80 ppm [mg l^{-1}]; en Ca^{2+} solo una comunidad está dentro del rango mediano (<100 bajo, 100-400 mediano para pastas saturadas 1:2); y los parámetros de Mg^{2+} son medianos en dos comunidades, el resto son bajos en magnesio (<30 bajo, 30-120 mediano para pastas saturadas 1:2). En la tabla 4 se destaca también el método utilizado siendo Nessler, Cadmium Reduction, Amino Acid, Barium Chloride, Tetraphenylborate, Oxalate, Calmagite y EPA 315B para el estudio de los resultados.

Tabla 3. Resultados del análisis físico de las muestras realizadas.

Muestra	Materia orgánica	Textura	Porosidad (%)	pH	CE
Demo 1	Nula	Arcilla	0	Medianamente ácido	Norma 1

Demo 2	Ligera	Arena	50	Ligeramente acido	Norma 1
Demo 3	Abundant	Franco limoso	80	Ligeramente acido	Norma 1
Muestra 1 Ixtacamel	Ligera	Arcillo limoso	10	Ligeramente alcalinas	Norma 1
Muestra 2 Chalchocoyo	Abundant	Franco arcillo limoso	50	Ligeramente alcalinas	Norma 1
Muestra 3 El Carrizal	Abundant	Franco arcillo limoso	50	Medianament e acido	Norma 1
Muestra 4 Ocuiltzapoy	Abundant	Franco arcillo limoso	50	Medianament e acido	Norma 1
Muestra 5 Papatlaco	Abundant	Franco arcillo limoso	50	Medianament e acido	Norma 1

Tabla 4. Resultados del análisis químico de las muestras realizadas.

Parámetros orgánicos e inorgánicos	Rango Medio (Método Chupatubo/lisímetro)					Método utilizado
	Comunidad Chalchocoyo	Comunidad Carrizal	Comunidad Papatlaco	Comunidad Ocuiltzapoy	Comunidad Ixtacamel	
NH ₄ ⁺	0.29	0.18	0.10	0.44	0.13	Nessler
NO ₃ ⁻	0.4	0.6	0.5	-	20	Cadmium Reduction
PO ₄ ³⁻	0.4	0.2	0.1	0.0	0.2	Amino Acid

SO_4^{2-}	17	31	22	9	35	Barium Chloride
K^+	3.7	0.5	0.6	1.8	3.2	Tetraphenyborate
Ca^{2+}	133	78	98	79	14	Oxalate
Mg^{2+}	28	17	11	30	53	Calmagite
Fe^{2+}	0.02	0.02	0.03	0.08	0.00	EPA 315B
Fe^{3+}	0.04	0.14	0.13	0.12	0.01	EPA 315B
Fe	0.06	0.16	0.16	0.20	0.01	EPA 315B
pH	8.38	5.39	5.16	7.43	5.86	-
CE	0.10	0.31	0.27	0.26	0.24	-
T	22.4	21.9	21.7	21.2	22.2	-

Discusión

Los estudios de los suelos estudiados muestran variación en sus composiciones fisicoquímicas, sin embargo siempre han mantenido una producción que a consideración de los agricultores han estado en términos aceptables hasta el 2020, actualmente tienen una inferencia de que los suelos ya no otorgan las propiedades adecuadas, por lo que en los últimos tres años han visto una minimización de su producción anual, por lo que surge la incertidumbre si esto es correlacional con el cambio climático, la poca tecnificación de los sistemas de los suelos cafetaleros o incluso el abandono del campo.

Los resultados muestran un parámetro permitido según las referencias de la norma aplicable, pero en la práctica estos suelos ya no son productivos, por lo que es importante establecer estrategias de actuación en pro del campo.

Trabajo a futuro

Existen distintas investigaciones efectuadas para el análisis fisicoquímico del suelo para diversos cultivos, o bien, casos de estudio como el cultivo del maíz en Latinoamérica (López, et al 2019), y en México (Martínez, et al 2020), y en menor proporción para el café (Bermeo y Lasluisa, 2020) donde los resultados obtenidos muestran una relación entre variables relacionadas con el crecimiento y desarrollo de las plantas. Es necesario desarrollar investigaciones de tipo correlacional para la siembra, crecimiento y cosecha de café en la Zona Huasteca del estado de San Luis Potosí.

Conclusiones

Las comunidades de Chalchocoyo Matlapa, El Carrizal Tamazunchale, Ocuiltzapoyo San Martín y Papatlaco Santiago Tamazunchale, tienen material orgánico abundante lo cual es benéfico para la producción y crecimiento del cultivo del café, aunado a estado los agricultores mencionan que no hacen ningún tipo de composta, sin embargo, con el paso del tiempo estos nutrientes pueden ir disminuyendo. La comunidad de Ixtacamel 1era sección de Xilitla muestra que hay poca materia orgánica lo que será necesario establecer técnicas de composta. Solo dos comunidades muestran pH ligeramente ácido Ixtacamel 1era sección de Xilitla y Chalchocoyo Matlapa. En cuanto a la porosidad solo Ixtacamel 1era sección de Xilitla mantiene un 10% mientras que las demás comunidades solo el 50%. La conductividad eléctrica es normal para todas las comunidades.

Para las plantas de café es necesario mantener la efectividad del encalamiento y este es mayor cuando se le incorpora cal en el suelo durante la siembra, pues si se lleva a cabo después, se ocasionan daños a las raíces de las plantas, este encalamiento es necesario de forma mínima, aproximadamente 40 g/planta en al menos las cuatro de comunidades que presentan rangos bajos. Para el nivelar la ppm de magnesio es recomendable usar cantidades mínimas de piedra caliza dolomítica mientras que para el potasio es recordable aplicar fertilizantes cuando se hacen los trasplantes de las plantas de fase vivero a la tierra. Los parámetros inorgánicos se deben seguir manteniendo en los niveles permitidos por la normativa para no tener semillas de café de mala calidad.

En general se recomienda que en todas las comunidades puede haber mejoras en la producción convencional que tienen los campesinos, por lo que será necesario trabajar con compostas, terrazas para la retención de nutrientes y elaboración de fertilizantes orgánicos para la aplicación controlada en los terrenos de café.

Agradecimientos

Agradecemos la participación de los caficultores de las comunidades de Ixtacamel 1era sección, Xilitla; Carrizal, Tamazunchale, Ocuiltzapoyo, San Martín; Papatlaco, Tamazunchale; Chalchocoyo, Matlapa y a la Empresa Hanna Instruments México por la asesoría en el uso de los instrumentos de medición fotométricos y electrodos. El proyecto se logró con el financiamiento del Tecnológico Nacional de México y del Instituto Tecnológico Superior de Tamazunchale con la participación activa de los estudiantes Gloria Shirley Cruz Hernández y Diana Sánchez Martínez.

Referencias

Aquiles, M. (2008). Diagnóstico estatal de San Luis Potosi. Mexico. D.F.: Creative Commons.

Bermeo Jara, D. A., & Lasluisa Velasteguí, P. S. (2020). Calidad del suelo mediante parámetros físicos químicos y microbiológicos en los Cultivos de Café (*Coffea arabica*, *Coffea canephora*) del Centro de Investigación y posgrado para la Conservación Amazónica (Bachelor's thesis, Universidad Estatal Amazónica).

Callejas, E. S. (2000). Regulación y desregulación en el caso del café. *Análisis económico*, 15(31), 185-205.

Chao, L. L. (2006). *Introducción a la estadística*. México: Cecsca.

CONAGUA. 2021. Resúmenes Mensuales de Temperaturas y Lluvia del Servicio

Dirección de Desarrollo y Fomento del Café. (2008). municipio de Tamazunchale, S.L.P.

George, A. (2006). Estudio comparativo de indicadores de calidad de suelo en fincas de café orgánico y convencional en Turrialba, Costa Rica.

INEGI. (2020). Cartas topográficas, escala 1:50 000. México D.F.

López Báez, W., Reynoso Santos, R., López Martínez, J., Villar Sánchez, B., Camas Gómez, R., & García Santiago, J. O. (2019). Caracterización físico-química de suelos cultivados con maíz en Villaflores, Chiapas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(4), 897-910.

Martínez-Aguilar, F. B., Guevara-Hernández, F., Aguilar-Jiménez, C. E., Rodríguez-Larramendi, L. A., & Reyes-Sosa, M. B. (2020). Caracterización físico-química y biológica del suelo cultivado con maíz en sistemas convencional, agroecológico y mixto en la Frailesca, Chiapas. *Terra Latinoamericana*, 38(4), 871-881.

Martínez Torres, N. A., & Santacruz de León, G. (2023). Sequía y producción de café: percepción campesina en la Huasteca Potosina. *Entreciencias: diálogos en la sociedad del conocimiento*, 11(25).

Meteorológico Nacional, sede Ciudad Valles S.L.P. México. Obtenido de <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>

Mexicana, N. O. Norma oficial mexicana (NOM) NOM-021-RECNAT-2000, que establece las Especificaciones de Fertilidad, Salinidad y Clasificación de Suelos. Estudios, muestreo y análisis índice.

Molina Arias, M. (2017). ¿Qué significa realmente el valor de p? *Pediatría Atención Primaria*, 19(76), 377-381.

Rosas Arellano, Justino, Escamilla Prado, Esteban, & Ruiz Rosado, Octavio. (2008). Relación de los nutrimentos del suelo con las características físicas y sensoriales del café orgánico. *Terra Latinoamericana*, 26(4), 375-384. Recuperado en 31 de octubre de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792008000400010&lng=es&tlng=es.

Sadeghian, S. (2008). Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia: Guía práctica.

Sadeghian, S. (2016). La acidez del suelo una limitante común para la producción de café.

Sadeghian, S. (2020). Análisis foliar: Una guía para evaluar el estado nutricional del café. *Avances Técnicos Cenicafé*, 515, 1–4. <https://doi.org/10.38141/10779/0515>

SAGARPA. (20 de septiembre de 2023). Programas de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural 2022. https://www.gob.mx/agricultura/acciones-y_programas/programas-de-la-secretaria-de-agricultura-y-desarrollo-rural-2022.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (20 de septiembre de 2023). Arranca Agricultura entrega de fertilizante gratuito en San Luis Potosí. Arranca Agricultura entrega de fertilizante gratuito en San Luis Potosí | Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural | Gobierno | gob.mx (www.gob.mx)